




**PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA**

**METODOLOGÍA PARA LA
REALIZACIÓN DE UN
DIAGNÓSTICO DE P+L**

**CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.**

MONTEVIDEO – Junio de 2005

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




**CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.**

**METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN
DE UN DIAGNÓSTICO DE P+L**

- **Elaboración del diagnóstico ambiental**
- Diagramas de flujo
- Balances de materia y energía
- Instrumentos

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

¿QUÉ ES EL DIAGNÓSTICO DE P+L?

Es una radiografía del desempeño de la empresa, no sólo ambiental sino también operacional

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BENEFICIOS

El diagnóstico permite identificar:

- Impactos al medio ambiente
- Ineficiencias en los procesos
- Desperdicios de materias primas
- Fugas en contenedores, tuberías y equipos
- Riesgos a la salud del personal

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

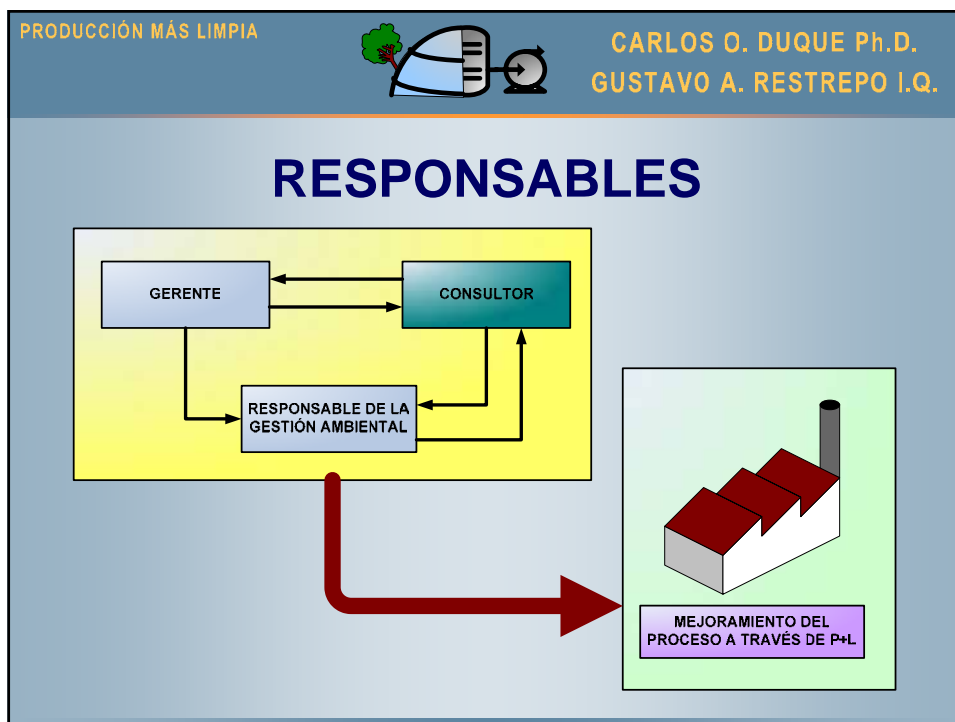


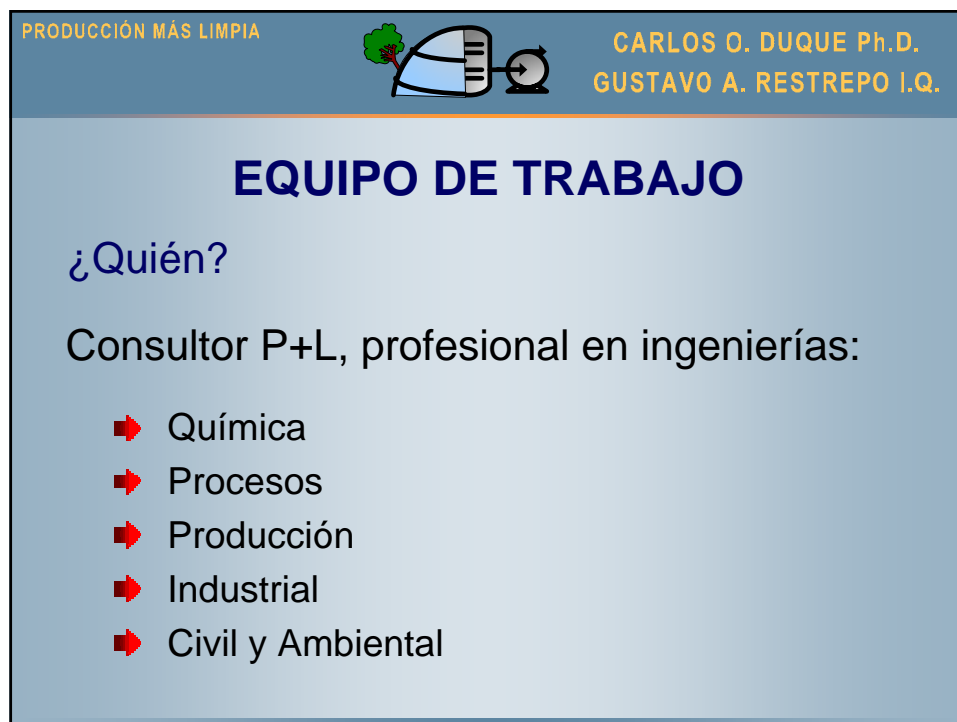
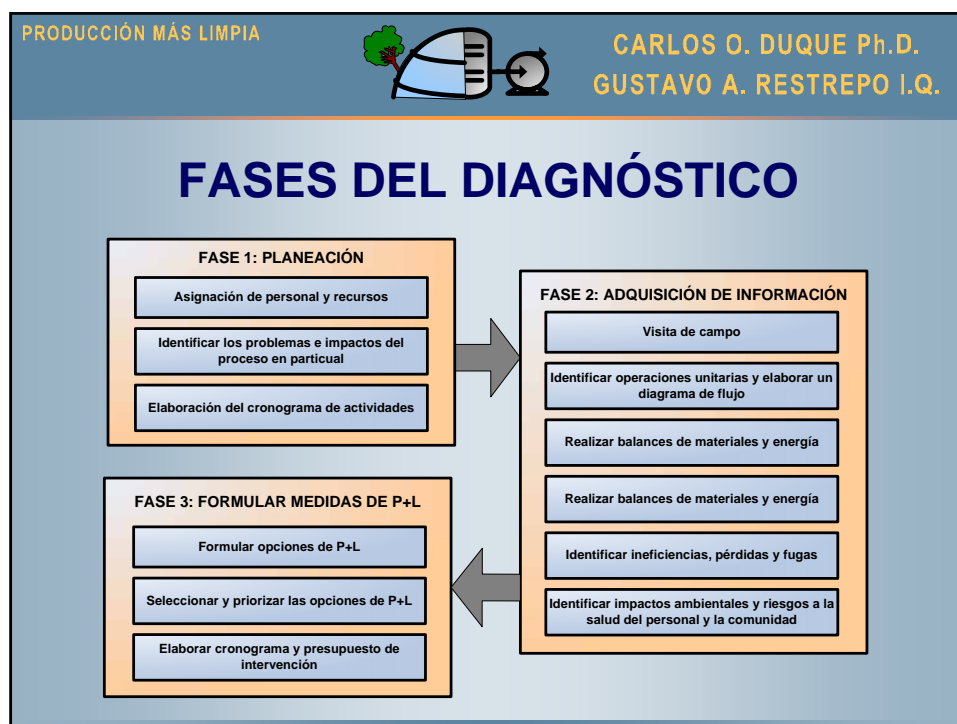
CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BENEFICIOS


El diagnóstico permite:

- Verificar el cumplimiento de la normatividad aplicable
- Validar el uso eficiente de los recursos
- Determinar las fortalezas y debilidades
- Evaluar el compromiso ambiental





PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

HABILIDADES DEL CONSULTOR

- Debe ver 50%, escuchar 40% y preguntar 10%
- Debe preguntar para recibir información, no simples respuestas
- Escucha activa: tomar notas y resumir
- Prudencia
- Apoyo para el empresario, no su antagonista
- Confidencialidad

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

APERTURA DEL DIAGNÓSTICO



```
graph LR; R([REUNIÓN]) --- L[OBJETIVOS DEL DIAGNÓSTICO]; R --- L2[ACLARACIONES]; R --- L3[ACTIVIDADES]; R --- L4[ASIGNACIÓN DE TAREAS Y ROLES]; R --- L5[REALIZACIÓN DE CRONOGRAMA]; R --- L6[COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD];
```

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

RECURSOS

- ▶ Laboratorio
- ▶ Equipos y contenedores de muestreo
- ▶ Equipos de análisis
- ▶ Medidores de flujo
- ▶ Cámara fotográfica
- ▶ Cámara termográfica

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL SECTOR

- Alta significación ambiental
- Alta recuperación potencial
- Potencial preliminar descontaminante

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN

- General
- Materias primas y productos
- Procesos
- Gestión ambiental
- Calidad y seguridad
- Financiera

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre, actividad
- Dirección, teléfonos, página web
- Representante legal, gerente, responsables de la gestión ambiental, seguridad, calidad y mantenimiento
- Tamaño: empleados, activos
- Programa de operación: turnos, horarios

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

INFORMACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS

- Tipos y consumo de materias primas
- Fuentes y consumo de energía y agua
- Tipos y composición de productos
- Almacenamiento
- Producción mensual
- Hojas de seguridad de materias primas y productos

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

INFORMACIÓN DEL PROCESO

- Secuencia de operaciones
- Variables de operación: T, P, v, x, pH
- Inventario de equipos e instalaciones
- Procedimientos y manuales
- Programación de la producción
- Registros

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

INFORMACIÓN AMBIENTAL

- Registro de residuos y emisiones
- Caracterización de residuos y emisiones
- Informes de auditorías ambientales
- Licencias, certificados, concesiones

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

INFORMACIÓN DE CALIDAD Y SEGURIDAD

- Registros de control
- Procedimientos de control y muestreo
- Historial de rechazos y pérdidas
- Evaluación de riesgos
- Plan de contingencia
- Diagramas de rutas de evacuación

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

INFORMACIÓN FINANCIERA

- Costos de tratamiento y disposición de residuos
- Pago de multas
- Costos de materias primas, productos y servicios
- Costos de operación y mantenimiento
- Pérdidas por ineficiencias
- Estados financieros

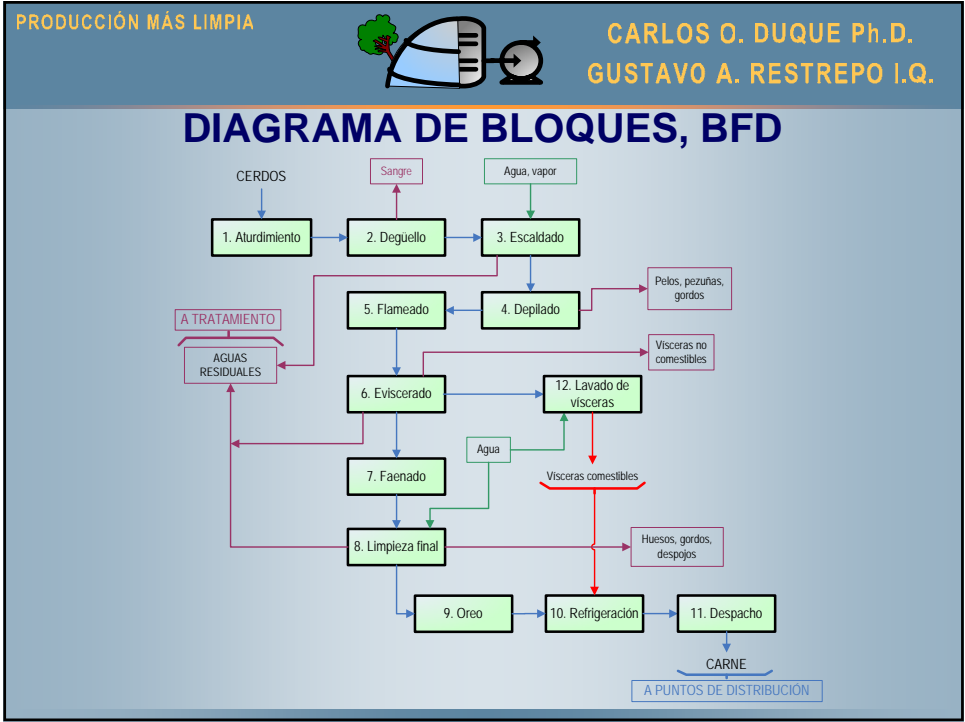
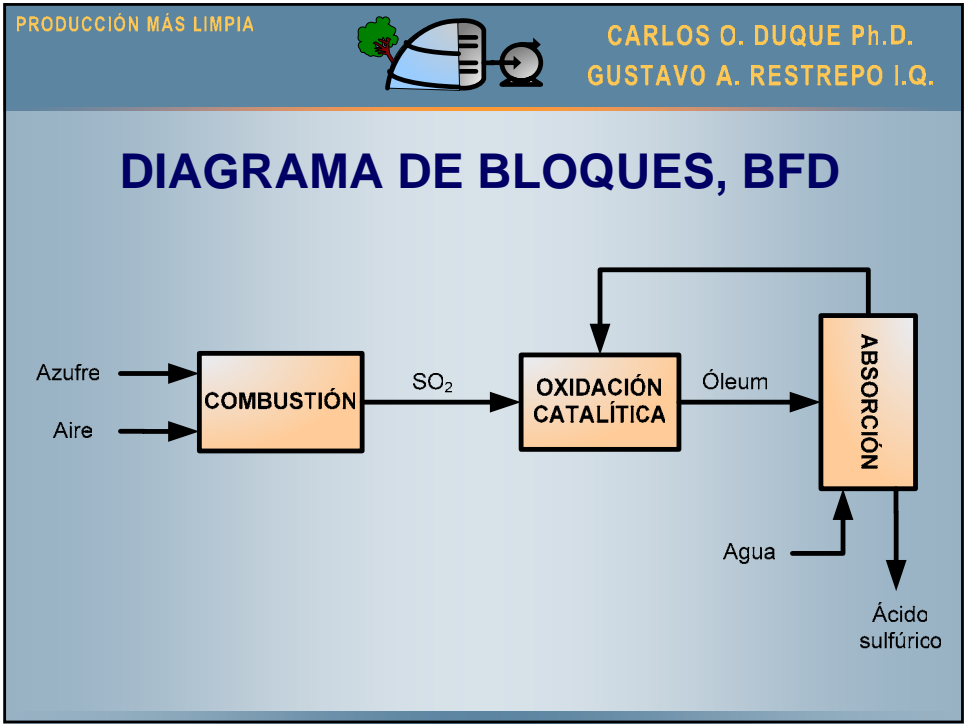
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO DE P+L

- Elaboración del diagnóstico ambiental
- Diagramas de flujo
- Balances de materia y energía
- Instrumentos



PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

DIAGRAMA DE BLOQUES, BFD


- ✓ Se representan operaciones y procesos unitarios mediante bloque.

OXIDACIÓN
CATALÍTICA

ABSORCIÓN

- ✓ No se representan equipos

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

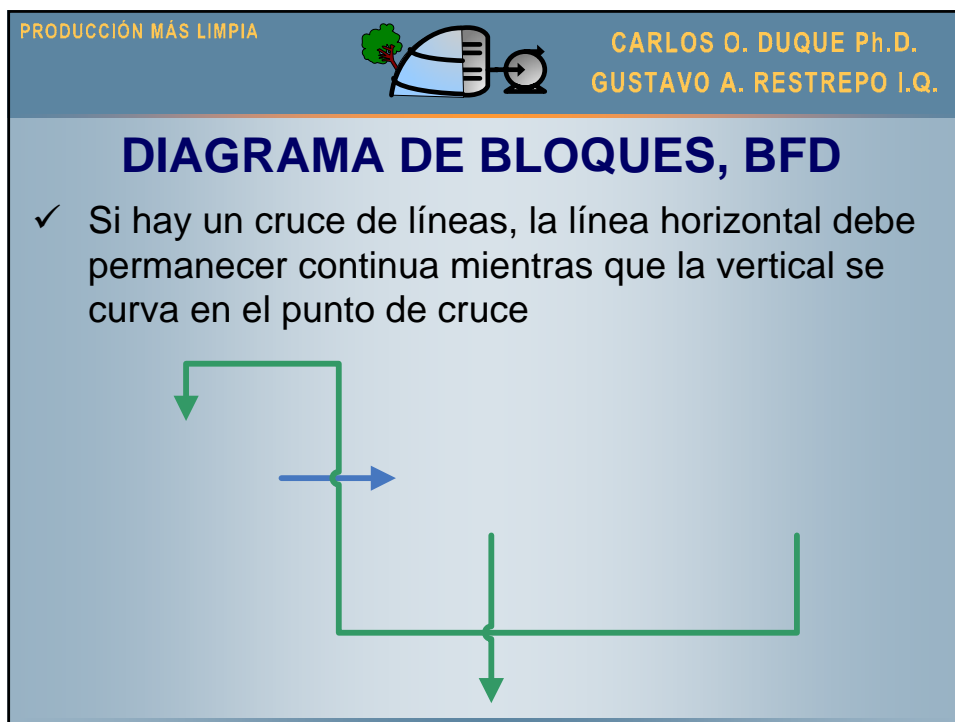
DIAGRAMA DE BLOQUES, BFD

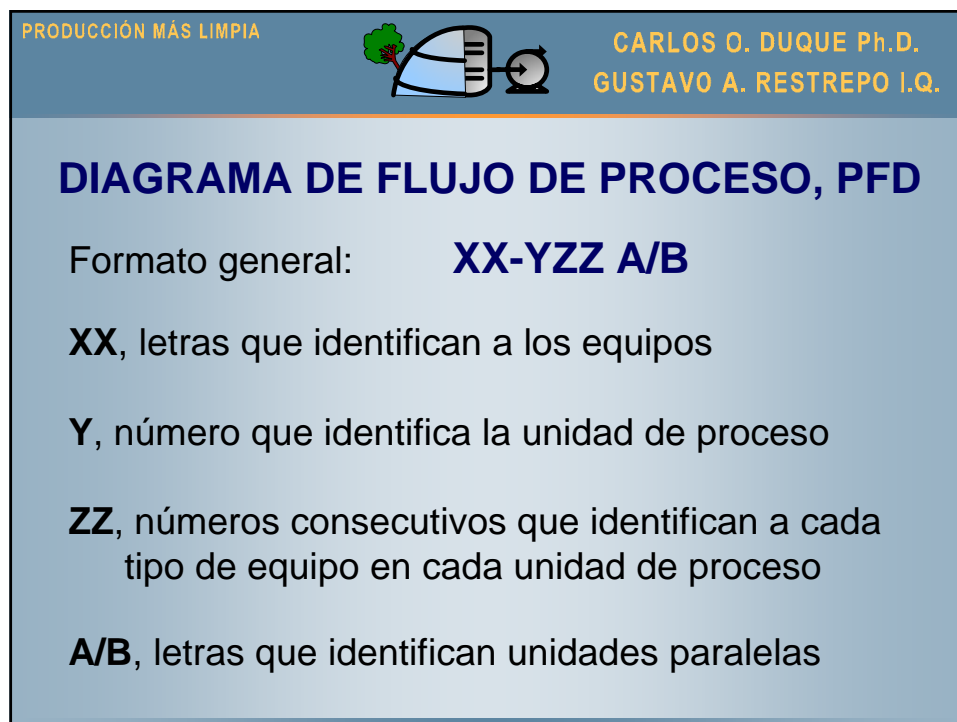
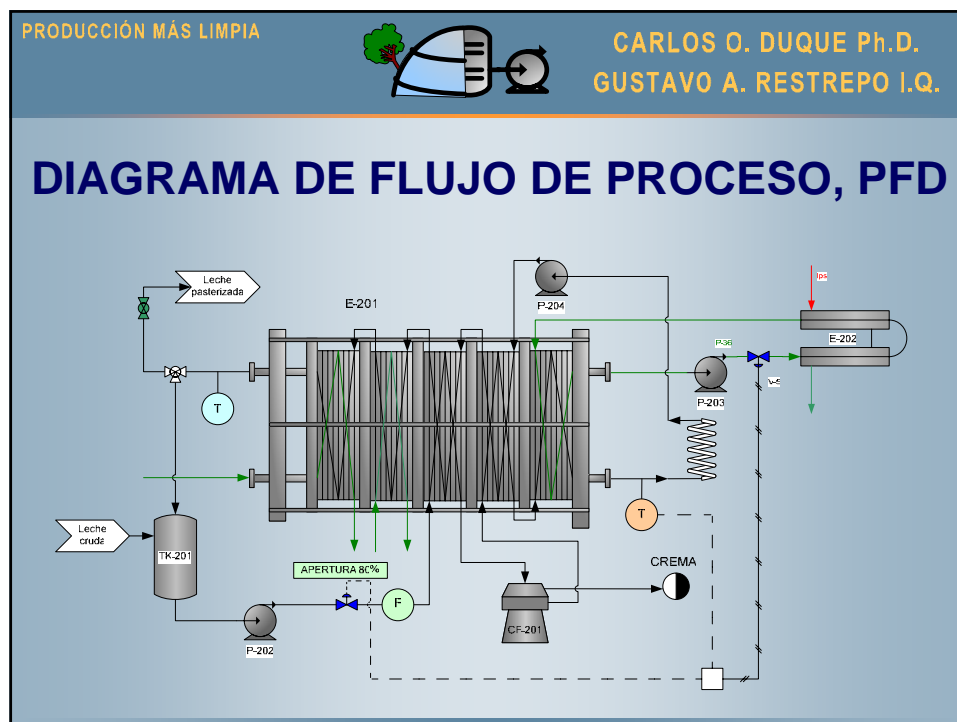
- ✓ Las corrientes de flujo principales se representan con flechas indicando la dirección del flujo

Azufre→


Aire→

- ✓ El flujo debe ir de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo mientras sea posible.





PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO, PFD

✓ C – Compresor

✓ E – Intercambiador de calor

✓ H – Horno

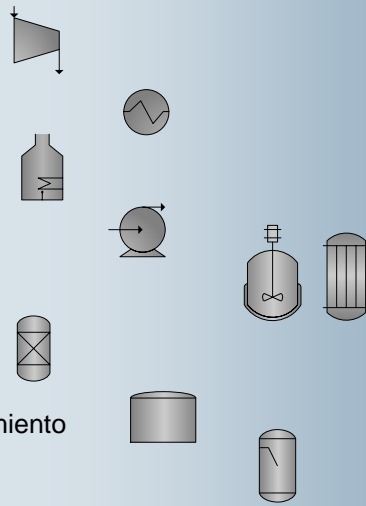
✓ P – Bomba

✓ R – Reactor


✓ T – Torre

✓ TK – Tanque de almacenamiento

✓ V - Recipiente

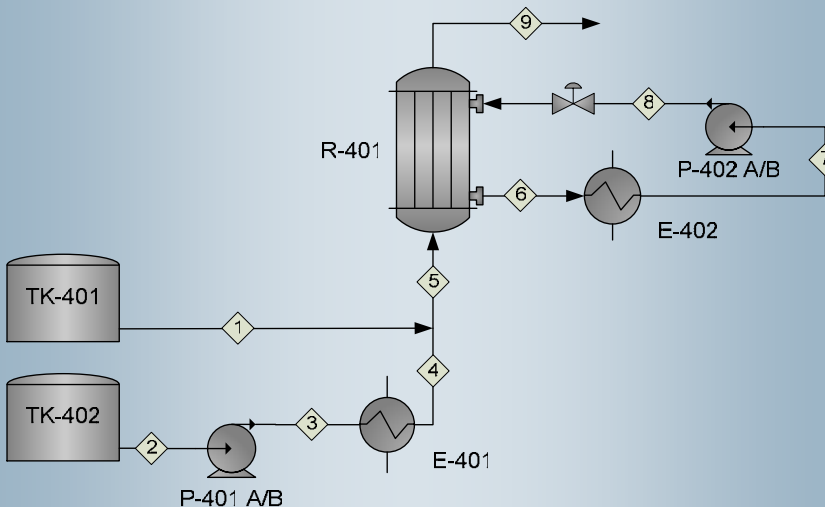


PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

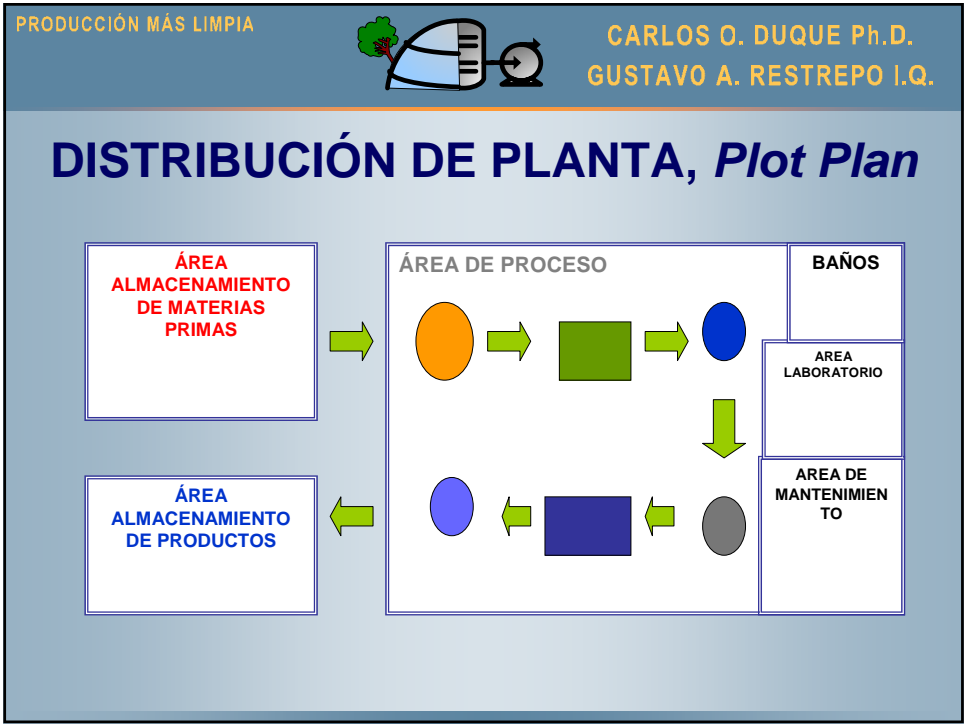
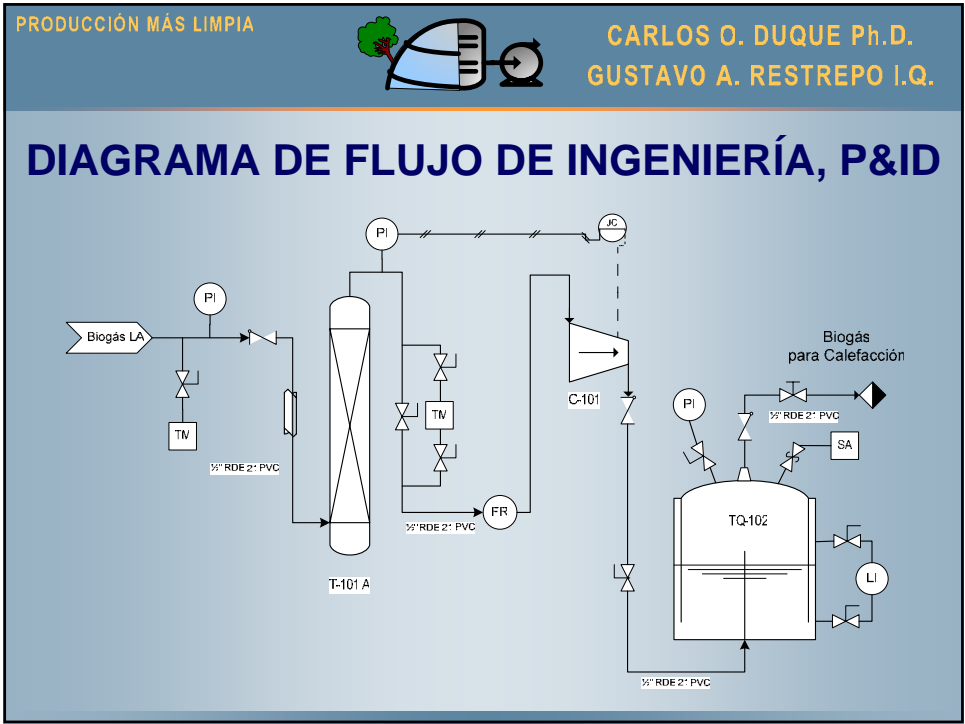
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO, PFD

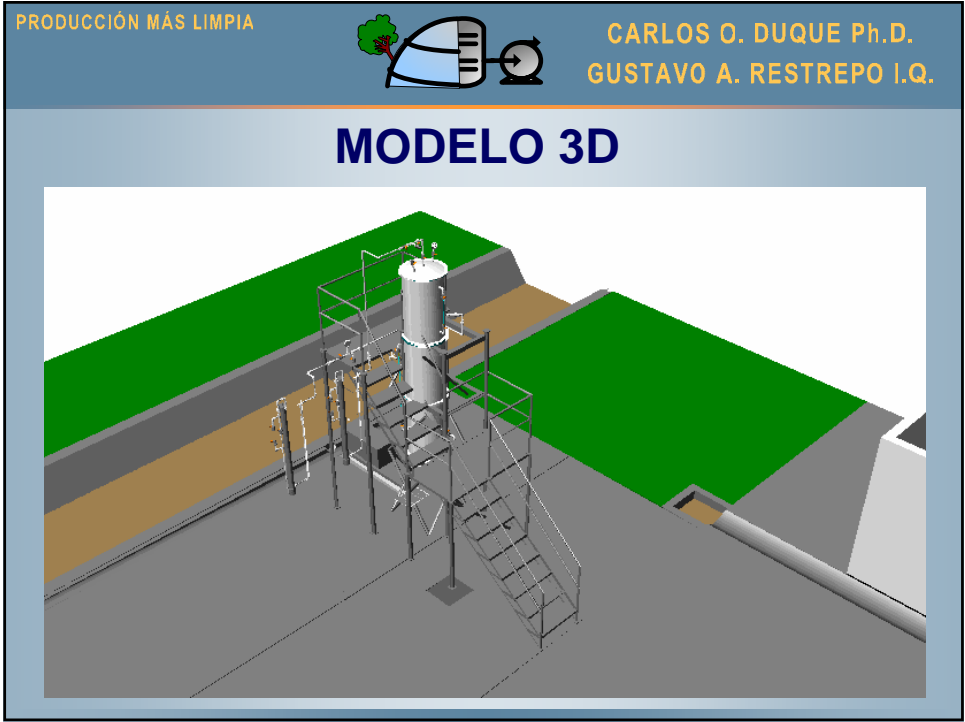
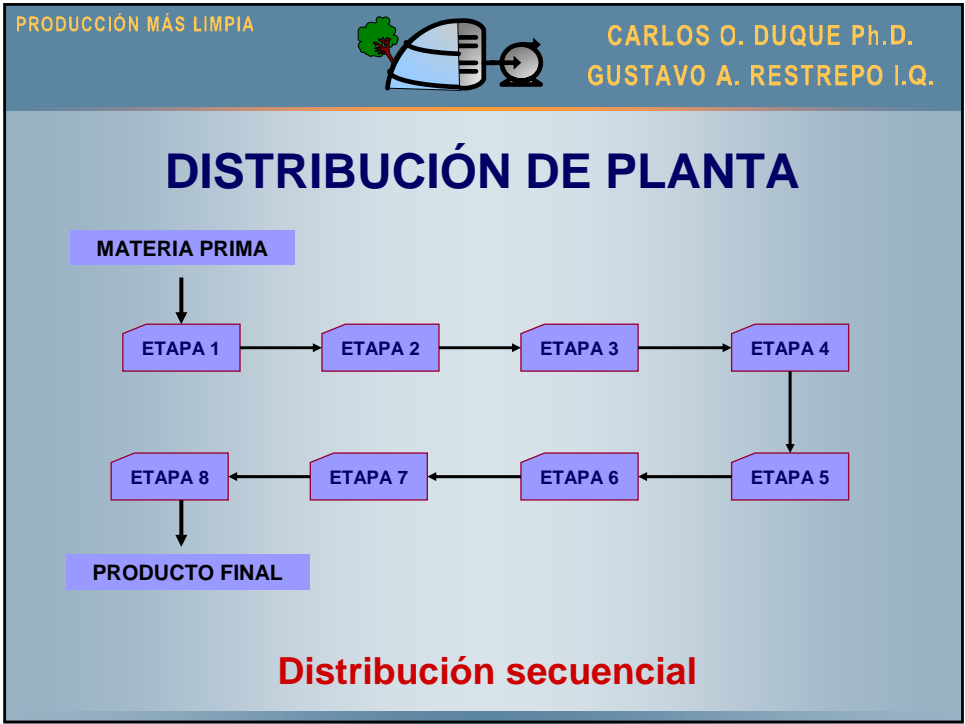


The diagram illustrates a chemical process flow. It starts with two storage tanks, TK-401 and TK-402. TK-401 feeds into stream 1, which goes to the top of reactor R-401. TK-402 feeds into stream 2, which goes through pump P-401 A/B (stream 3) and heat exchanger E-401 (stream 4) before entering the bottom of reactor R-401. The bottom product of R-401 is stream 5, which goes through heat exchanger E-402 (stream 6) and pump P-402 A/B (stream 7) to become stream 8, which is recycled back to the top of R-401. The top product of R-401 is stream 9, which exits the process. The heat exchanger E-402 also has a cooling water inlet (stream 10) and outlet (stream 11).

CURSO NIVELACIÓN TUTORES
2005 - FOMIN\Cursos 2005\Curso
para tutores\diagnóstico

15





PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

SIMULACIÓN GRÁFICA 3D



PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO DE P+L

- Elaboración del diagnóstico ambiental
- Diagramas de flujo
- Balances de materia y energía
- Instrumentos

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

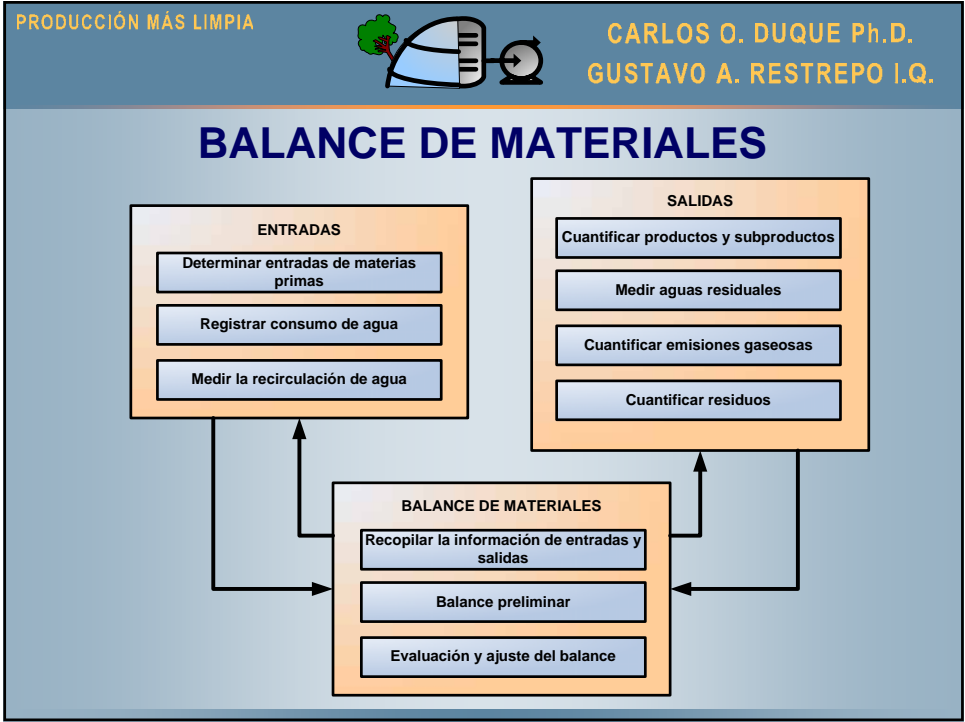


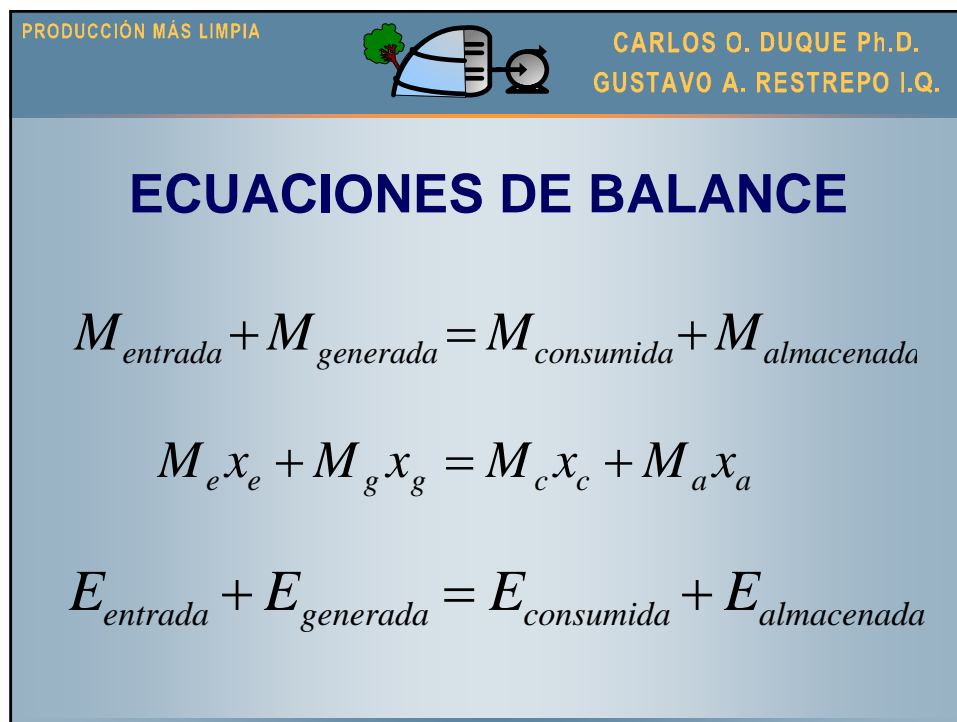
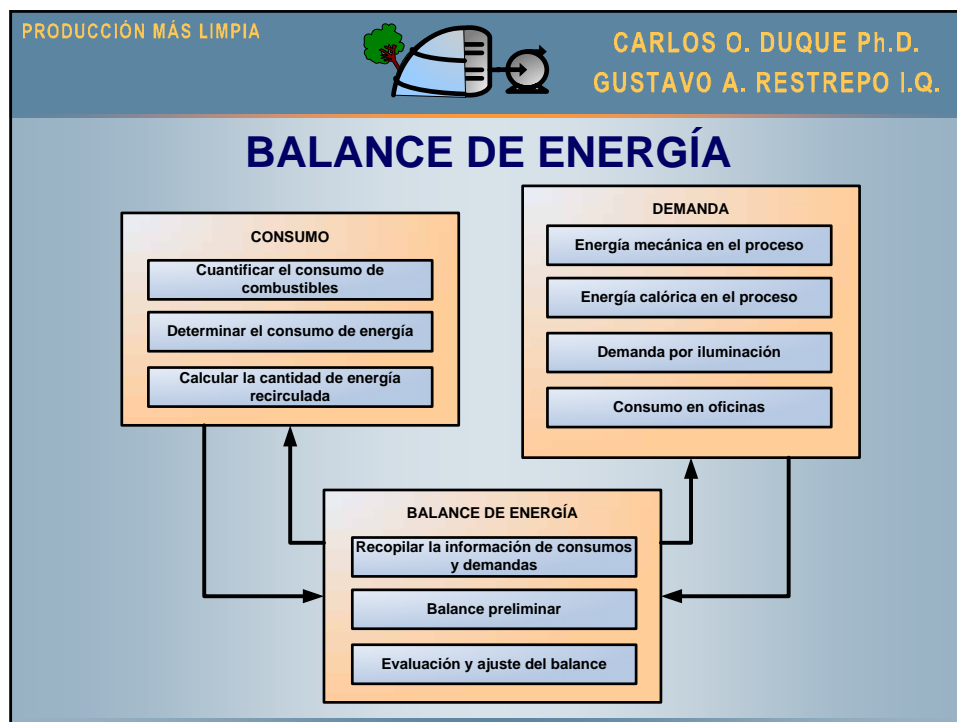
CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

IMPORTANCIA DE LOS BALANCES


Permite identificar desperdicios e ineficiencias, así como calcular los costos relacionados con:

- Materias primas
- Agua y energía
- Producto final
- Subproductos
- Residuos
- Transporte y manipulación de materiales





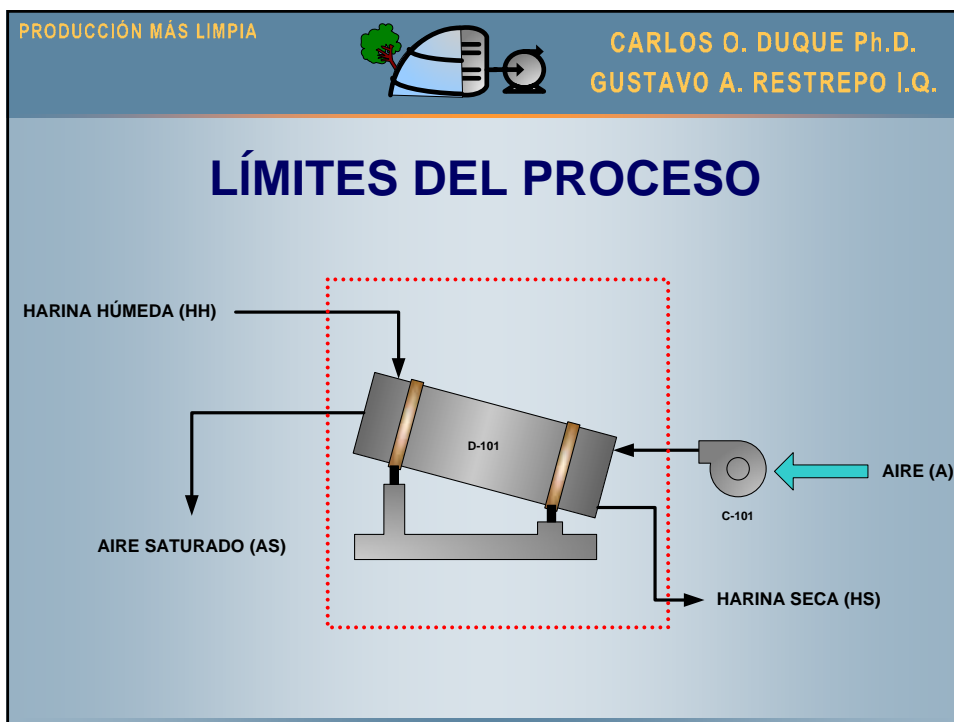
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

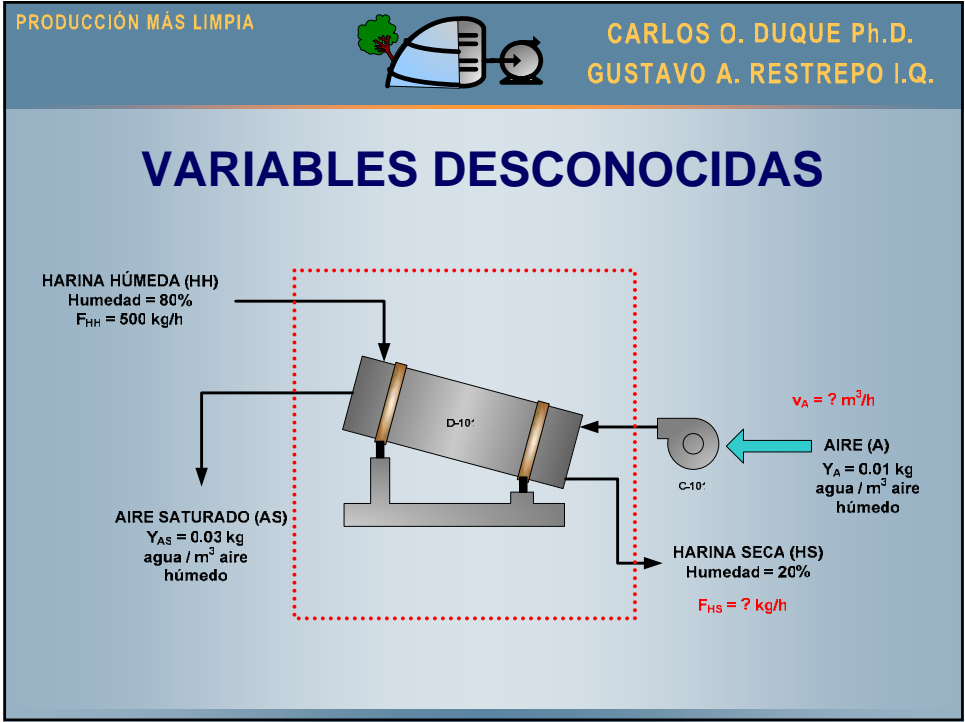
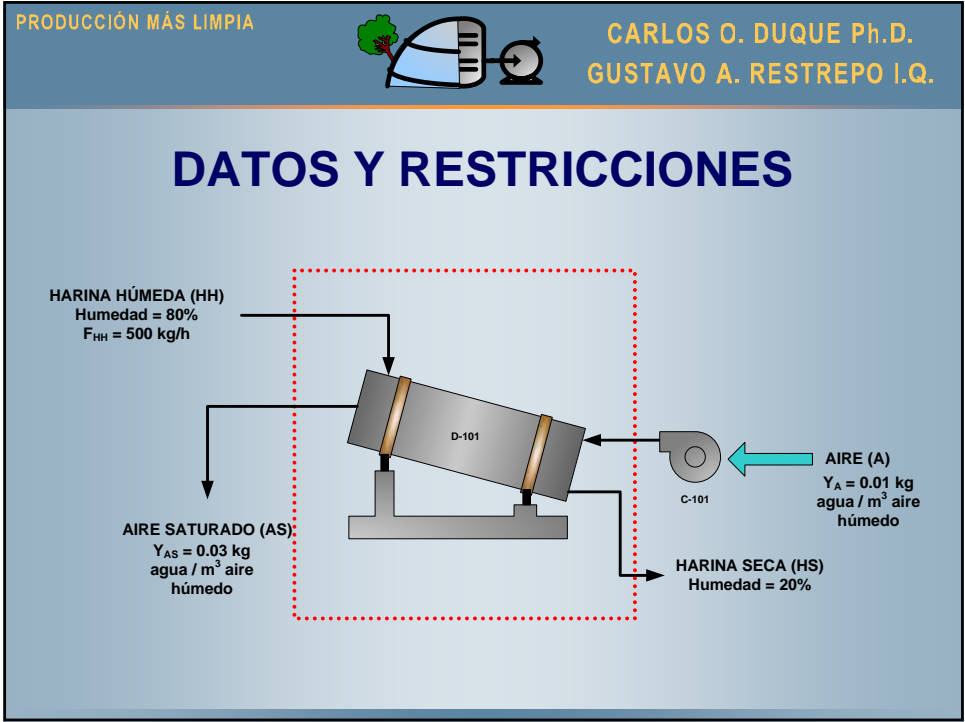



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BALANCE EN UN PROCESO

1. Establecer los límites del proceso
2. Identificar variables conocidas y restricciones
3. Identificar variables desconocidas
4. Establecer una base de cálculo
5. Plantear las ecuaciones de balance
6. Resolver





PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA  CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BASE DE CÁLCULO

- B.C. = 1 h


ECUACIONES Y SOLUCIÓN

Harina

$$L = F_{HH} * (1 - H_{HH}) = 500 \text{ kg} * (1 - 0.8) = 100 \text{ kg}$$

Harina secada

$$F_{HS} = L / (1 - H_{HS}) = 100 \text{ kg} / (1 - 0.2) = 125 \text{ kg}$$

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA  CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ECUACIONES Y SOLUCIÓN

Agua evaporada


$$W = F_{HH} - F_{HS} = 500 \text{ kg} - 125 \text{ kg} = 375 \text{ kg}$$

Flujo de aire

$$F_A = W / (Y_S - Y) = 375 \text{ kg} / (0.03 - 0.01) \text{ kg/m}^3$$

$$F_A = 18.75 \text{ m}^3$$

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

CUADRO INSUMO-PRODUCTO

Producto:	MACHETES		
Unidad comercial:	UNIDAD	Peso u.comercial:	0.75 kg

MATERIAS PRIMAS			
	Unidad comercial	Consumo por u.comercial de producto	Desperdicio
Lámina de acero	kg	1,05	5%
Mangos plásticos	Unidad	1,05	5%

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ELABORACIÓN DE MACHETES

Materias primas:




- Acero
 - Consumo por unidad comercial de producto: 1 kg
- Mango plástico
 - Consumo por unidad comercial de producto: 1 unidad (50 g)

Producto:

- Unidad comercial: unidad
- Peso unidad comercial: 0.75 kg
- Rechazos por control de calidad: 5%

- ¿Cuál es el desperdicio de cada materia prima?

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ELABORACIÓN DE MACHETES

Cálculo materiales:

- Base de cálculo: 100 machetes
- Materias primas:
 - 100 kg de acero
 - 100 mangos (5 kg)
- Peso machetes: 75 kg
 - 70 kg acero
 - 5 kg mangos
- Machetes rechazados: 5 unidades

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ELABORACIÓN DE MACHETES

Cálculo de desperdicios

- Pérdida de acero en el proceso de corte:
30 kg
- Pérdidas por rechazos:
 - 5 machetes
 - **5 kg de acero**
 - **5 mangos plásticos**
- Pérdida total de acero: **$30 \text{ kg} + 5 \text{ kg} = 35 \text{ kg} \rightarrow 35\%$**
- Pérdida total de mangos: **$5 \text{ unidades} \rightarrow 5\%$**

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BALANCE ENERGÉTICO

Proceso de escaldado de frutas:

- Demanda del proceso
1 m³/h de agua a 80°C
El agua está disponible a 20°C
- Fuente de energía: vapor generado en una caldera alimentada con gas natural
- Consumo real: 320 m³/mes

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BALANCE ENERGÉTICO


Cálculo de la demanda

- 1000 kg/h * 4.2 kJ/kg = 4.2 MJ/h

Consumo de diesel

- Eficiencia de caldera: 30%
- Poder de combustión: 40 MJ/m³
- $4.2 \text{ MJ/h} \div 0.3 \div 40 \text{ MJ/m}^3 = 0.35 \text{ m}^3/\text{h}$
- 252 m³/mes

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

BALANCE ENERGÉTICO

Pérdidas de energía

✖ $(320 - 252) \text{ m}^3/\text{mes} = 68 \text{ m}^3/\text{mes}$


✖ \$ 680/mes

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO DE P+L

- Elaboración del diagnóstico ambiental
- Diagramas de flujo
- Balances de materia y energía
- Instrumentos

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

PRODUCTO

Tipo o nombre del producto	Unidad	Producción por período de tiempo	Descripción	Mercado

↓

↓

↓

↓

↓

Productos o servicios principales de la empresa


Peso volumen cantidad unidades

Diario Mensual Anual hora

Características especiales componentes manejo Empaque

Local Nal. Intern.


PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

PRODUCTO

Tipo o nombre del producto	Unidad	Producción por período de tiempo	Descripción	Mercado
Campanas para frenos grandes	CU	500/mes	Fundición de hierro gris	Local nal.
Pieles curtidas	Ton	10/mes	Wet blue	internal.
Pintura	Galones	100/día	Vinilo exteriores	Local
Lavado de carros	CU	30/día	General Motor	Local

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA


CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

MATERIA PRIMA

No	Nombre	Unidad	Consumo por mes	Costo Unitario (\$)	Especificaciones	Proveedor

↓

↓

↓

↓

↓

↓

Nombre de la materia prima (empresa o general)

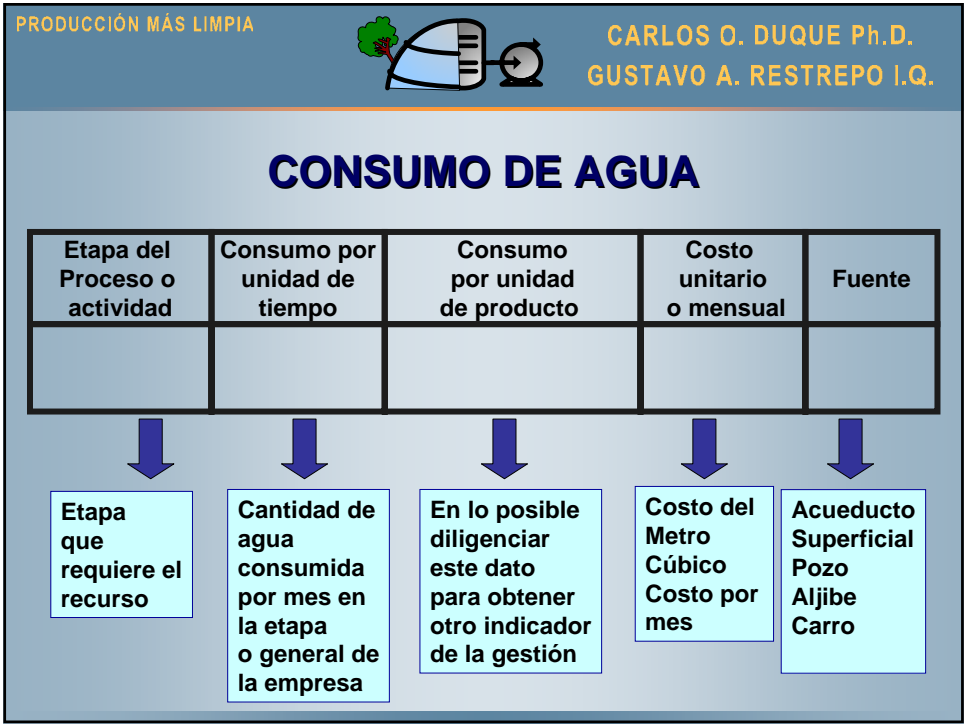
Peso volumen cantidad unidades

Cantidad en: Peso volumen unidades

Si se cuenta con la información

Características especiales de manejo composición

Si se tienen varios o solo se depende de uno



PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

CONSUMO DE AGUA

→ OBJETIVO IMPORTANTE


GENERAR INDICADOR

CONSUMO DE AGUA / PRODUCTO

m³/kg

OPORTUNIDAD DE MEJORAMIENTO ←

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Etapas del Proceso o actividad	Equipo	Combustible	Consumo/ tiempo	Consumo/ producto

↓

↓

↓

↓

↓

sitio de consumo

Equipo consume

Carbón
Diesel
Gas Nat.

Mensual Diario

Generar indicador

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE


→ OBJETIVO IMPORTANTE

GENERAR INDICADOR

kg/kg
m³/kg
gal/kg

CONSUMO COMBUSTIBLE / PRODUCTO

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

CONSUMO DE ENERGÍA

Potencia instalada o carga (kW):
Voltaje:
Servicio: (Residencial, comercial, industrial)

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AÑO 2002

Mes	Cantidad (kW-h /mes)	Costo (\$/mes)
PROMEDIO		

↓

INDICADOR

kW-h/kg

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

RESIDUOS SÓLIDOS

No.	Nombre de Residuo	Origen	Cantidad/ tiempo	Composición	Disposición final	Costo

↓

Asignado por la Empresa o conocido a nivel internacional

↓

Fuente generadora del residuo proceso, máquina instalación

↓

Peso o volumen generado por unidad de tiempo diario. Mensual

↓

Materiales que conforman el Residuo

↓

Nombre del tratamiento si se valoriza o dispone si se Comercializa

↓

Valor por cantidad o por tiempo

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

RESIDUOS SÓLIDOS

→


OBJETIVO IMPORTANTE

GENERAR INDICADOR

kg/kg
m³/kg

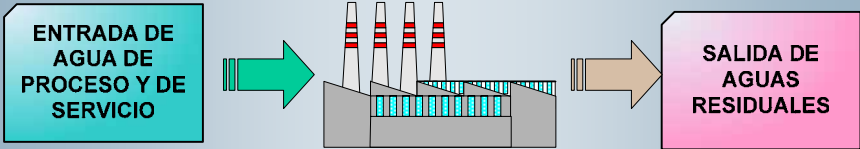
RESIDUOS SÓLIDOS / PRODUCTO

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES



Entre el 80% y el 95% del agua consumida como servicio se tornan en aguas residuales

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

AGUAS RESIDUALES

Origen Agua residual	Cantidad Caudal M3/seg	Concentración Medido	Norma	Carga Kg por tiempo	Tratamiento	Sitio de descarga

Etapa que genera la descarga

Medido o estimado

Caracterización de los vertimientos

Concentración por el caudal en un periodo de tiempo

Tipo de tratamiento al final del tubo

Alcantarillado, río, otro

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

AGUAS RESIDUALES


 **OBJETIVO IMPORTANTE**

GENERAR INDICADOR

m³/kg

AGUAS RESIDUALES / PRODUCTO


PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA





CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.


EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Equipo o etapa generadora	Combustible	Componentes parámetros	Datos de emisión				
			Concent.	Norma	Carga	Sistema Control	Frecuencia Monitoreo


 Equipos que generan las emisiones o la etapa del proceso

 Tipo de combustible que se usa para el proceso

 Tipo de contaminantes generados según el combustible usado

 Caracterización. Los datos se comparan con la norma legal vigente

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.


EMISIONES ATMOSFÉRICAS

▶ **LOORES MOLESTOS (DESAGRADABLES)**

Medida subjetiva ↓ Posibles generadores

- Industrias de alimentos (aceites y grasas, mataderos, lácteos, beneficio de aves)
- Tenerías (curtiembres)
- Gestores de residuos (orgánicos e inorgánicos)
- Galvanotecnia, fundiciones
- Productos químicos (compuestos azufrados)
- Plantas de tratamiento de aguas residuales

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

EMISIONES ATMOSFÉRICAS


▶ **RUIDO (NIVELES DE PRESIÓN SONORA dB)**

Ruido ambiental - generado al entorno
Ruido ocupacional- generado al interior

Fuentes de generación

- Etapas de molienda (molinos)
- Motores (desajustados)
- Ventiladores
- Etapas de picado y corte
- Explosiones
- Sirenas - pitos
- Descarga

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

RUIDO

Actividad o etapa generadora	Equipo	Punto de medición	Nivel de ruido	Condiciones de medición	Comparación con la norma

↓

↓

↓

↓

↓

↓

Actividad generadora

Nombre del equipo asociado a la etapa


Ubicación de la medición (distancia)

Cantidad del nivel de ruido en dB

Condiciones ambientales clima, actividades del entorno

Se compara la medición con la normatividad

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ELABORACIÓN DEL INFORME

¿Quien lo va a leer y para que?

¿Qué tan específico se requiere?

¿Qué información se quiere conocer?

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA




CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.

ELABORACIÓN DEL INFORME

EVITAR CITAR:

- Algunos equipos* no se les hace mantenimiento preventivo
- Se encontraron *muchos residuos* en el área de proceso
- Pocos operarios* usan elementos de protección personal
- Casi todas las instalaciones eléctricas* están el mal estado
- Varios controles* no funcionan
- Ciertas materias primas* tenían la fecha de vencimiento pasada

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



CARLOS O. DUQUE Ph.D.
GUSTAVO A. RESTREPO I.Q.